

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-077994

(43)Date of publication of application : 23.03.1999

(51)Int.Cl.

B41J 2/015

B41J 2/045

B41J 2/055

(21)Application number : 09-244027

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 09.09.1997

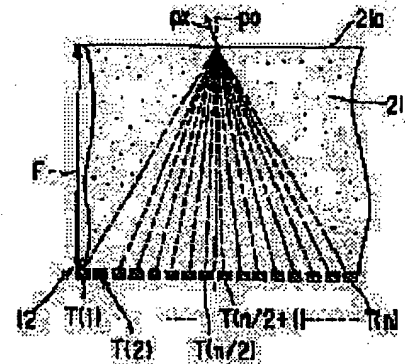
(72)Inventor : MORI KENICHI
TANUMA CHIAKI
SAITO SHIRO
AMAMIYA ISAO
YAGI HITOSHI
YAMAMOTO NORIKO

(54) INK JET RECORDING APPARATUS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an ink jet recording apparatus capable of flying an ink liquid at an interval equal to or less than the array pitch of piezoelectric elements while having a merit of a linear electron scanning system and capable of enhancing resolution still more.

SOLUTION: A second drive means for bisecting a plurality of piezoelectric elements selected from the piezoelectric elements constituting a piezoelectric element array in the arranging direction of the piezoelectric element array on the basis of the focal position of the ultrasonic beam emitted from a first piezoelectric element to form two piezoelectric element sub-groups $[T(1)-T(n/2)]$ and $T(n/2+1)-T(n)$ and driving second piezoelectric element groups at the same time so that the ultrasonic beams emitted from the respective piezoelectric element sub-groups become different in energy quantity at the focal position is provided in addition to a first drive means for driving a plurality of predetermined piezoelectric elements at the same time and an ink droplet flying direction is deflected to a P_x direction from a vertical direction P_0 by the second drive means.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

4

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-77994

(43)公開日 平成11年(1999) 3月23日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

B 4 1 J 2/015
2/045
2/055

B 4 1 J 3/04

1 0 3 Z
1 0 3 A

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平9-244027

(22)出願日 平成9年(1997) 9月9日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 森 健一

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 田沼 千秋

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 斉藤 史郎

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

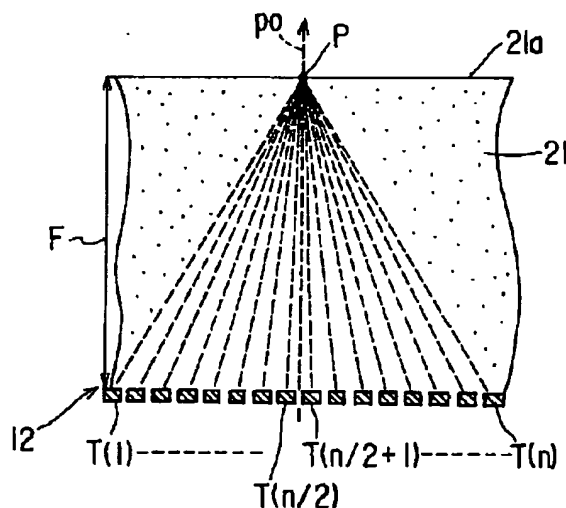
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 インクジェット記録装置

(57)【要約】

【課題】 リニア電子走査方式の利点を有しながら、圧電素子の配列ピッチ以下の間隔でインク液を飛翔させることができ、より一層の解像度の向上を図ることができるインクジェット記録装置を提供する。

【解決手段】 所定の複数の圧電素子を同時駆動する第1の駆動手段に加えて、圧電素子アレイを構成する圧電素子から選択された複数の圧電素子を第1の圧電素子により放射される超音波ビームの焦点位置を基準にしてこれを圧電素子アレイの配列方向に二分して2つの圧電素子亜群 ($T(1) \sim T(n/2)$ と $T(n/2+1) \sim T(n)$) とし、それぞれの圧電素子亜群から放射される超音波ビームが上記焦点位置においてエネルギー量が異なるように第2の圧電素子群を同時駆動する第2の駆動手段を設け、それによりインク滴飛翔方向を垂直方向 P_0 からずれた P_x 方向に偏向させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 インク液を保持するインク保持室と、前記インク液と音響的に接続され、所定間隔で配列された複数の圧電素子によって構成される圧電素子アレイを含む超音波発生手段と、

前記圧電素子アレイを構成する圧電素子の中から選択された複数の圧電素子からなる第1の圧電素子群を該第1の圧電素子群から発生された超音波が前記インク液の液面上の所定の位置に集束するように同時に駆動する第1の駆動手段と、

前記圧電素子アレイを構成する圧電素子の中から選択された複数の圧電素子からなる第2の圧電素子群について該第2の圧電素子群から発生された超音波ビームが前記インク液の液面上の前記所定の位置に集束するようにして、該第2の圧電素子群を前記所定の位置を基準に圧電素子アレイの配列方向に二分した領域にそれぞれ対応する第1および第2の圧電素子亜群からそれぞれ放射される超音波ビームの前記所定位置でのエネルギー量が異なるように、該第2の圧電素子群を同時に駆動する第2の駆動手段を備えたことを特徴とするインクジェット記録装置。

【請求項2】 前記第1の駆動手段が、均一な駆動電圧および均一な印加時間で、かつ互いに逆位相の2相駆動信号により第1の圧電素子群を駆動するものであることを特徴とする請求項1記載のインクジェット記録装置。

【請求項3】 前記第2の駆動手段が、前記第1の圧電素子亜群または第2の圧電素子亜群に属する圧電素子の一部の圧電素子が非駆動状態となるように前記第2の圧電素子群を駆動するものであることを特徴とする請求項1記載のインクジェット記録装置。

【請求項4】 前記第2の駆動手段が、駆動電圧および印加時間の少なくとも一方が前記第1の圧電素子亜群と第2の圧電素子亜群との間で異なるように前記第2の圧電素子群を駆動するものであることを特徴とする請求項1記載のインクジェット記録装置。

【請求項5】 前記第2の駆動手段が、前記第1の圧電素子亜群または第2の圧電素子亜群に属する圧電素子の一部の圧電素子を前記第1の駆動手段により印加された駆動信号とは逆位相の駆動信号により駆動するものであることを特徴とする請求項1記載のインクジェット記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、集束された超音波ビームによりインク液を小さな液滴として飛翔させるインクジェット記録装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、インク液を記録媒体上に飛翔させて記録ドットを形成するインクジェットプリンタが知られている。このインクジェットプリンタは、他の記

録方法と比べて騒音が少なく、現像や定着等の処理が不要であるという利点を有し、普通紙記録技術として注目されている。現在までに、数多くのインクジェットプリンタの方式が提案されているが、特に発熱体の熱により発生する蒸気の圧力でインク滴を飛翔させる方式（例えば特公昭56-9429号公報、特公昭61-59911号公報参照）、および圧電体の変位による圧力パルスでインク滴を飛翔させる方式（例えば特公昭53-12138号公報参照）が代表的なものである。これらの記録ヘッドは、主に、キャリッジに搭載され、記録紙の搬送方向に対して直交する方向への走査を繰り返すシリアル走査型のヘッドとして実用化されている。

【0003】これに対し、記録ヘッドをキャリッジに搭載する代わりに、紙の幅と同じサイズで記録ヘッドを作製して可動部分を小型化し、記録速度を向上させるようにしたライン走査型の記録ヘッドも知られているが、その作製は簡単ではない。すなわち、ライン走査方式では、溶媒の蒸発や揮発によって局部的なインクの濃縮が生じやすく、それぞれの解像度に対応する個別のノズルが細いので目詰まりしやすいという問題がある。特に、蒸気の圧力を使う方式ではインクとの熱的あるいは化学的な反応等による不溶物の付着が、また圧電体の変位による圧力を使う方式ではインク流路等での複雑な構造が、さらに目詰まりを誘起しやすくしている。数十から数百数十のノズルを使用しているシリアル走査型の記録ヘッドでは、その目詰まりの頻度を低く抑えることができるが、数千のノズルを必要とするライン走査型の記録ヘッドでは確率的にかなり高い頻度で目詰まりが発生し、信頼性の面で大きな問題となっている。さらに、ライン走査方式は解像度の向上には適していない。すなわち、蒸気の圧力を使う方法では直径20 μ m（これは記録紙上では直径50数 μ m程度の記録ドットに相当する）以下の粒径のインク滴を生成するのが難しく、また圧電体の変位による圧力を使う方式ではその複雑な構造のために加工技術上の点で解像度の高いヘッドの作製が困難である。

【0004】これらの欠点を克服するために、薄膜の圧電体から発生する超音波ビームの圧力を用いてインク液面からインク滴を飛翔させる、超音波を用いる方式が提案されている（IBM TDB, vol. 16, No. 4, 1168頁（1973-10）、米国特許第4,308,547号明細書、米国特許第4,697,195号明細書、米国特許第4,751,529号明細書、米国特許第4,751,530号明細書、米国特許第5,041,849号明細書、特開昭62-66943号公報、特開昭63-162253号公報、特開昭63-166545号、特開昭63-166546号、特開昭63-166548号、特開昭63-312157号公報、特開平2-184443号公報、特開平3-200199号公報、特開平4-296562号公報、特開平

4-296563号公報、特開平4-356328号公報、特開平5-278218号公報等参照)。この超音波方式は、個別のドット毎のノズルやインク流路の隔壁を必要としないノズルレスの方式であるために、ラインヘッド化する上での大きな障害であった目詰まりの防止と復旧に対して有効な構造を持っている。また、非常に小さい径のインク滴を安定に飛翔させることができるため、高解像度化にも適している。しかし、この方式は、記録画点あるいは解像度よりも大きな、例えば記録画点の30倍にもなる直径の音響レンズを使うため、記録ヘッドのアレイ1列だけでは必要な解像度を得ることができず、いくつかのラインのアレイからなるヘッドを使って合間を埋めていく、いわゆる千鳥配置を取る必要がある。千鳥配置の構造をとるヘッドは、周期的な濃度むらや隣接ドットとのわずかな位置ずれ等、画質の面から問題点が多い。

【0005】そこで、別の超音波の集束手段として、アレイ状に配置された複数個の圧電素子からそれぞれに位相制御した超音波を励起して、インク液面近傍の一点に集中させるセクタ電子走査方式が提案されている(特開平2-184443号公報参照)。この方式は、圧電素子の配置ピッチに制限されずに、インク滴の飛翔位置を変化させることが可能である。しかし、インク液面上の各位置で液滴を飛翔させるためには、それぞれの位置で超音波が集束するように、各圧電素子の遅延時間を正確に計算して制御する必要がある、駆動回路が複雑で高価なものになる。

【0006】このような問題に対し、圧電素子アレイのうちの一部の圧電素子群を同時に駆動してインク滴1つを飛翔させ、その同時駆動する圧電素子群の位置を順次ずらしてインク滴の飛翔位置を移動させるリニア電子走査方式が提案されている。この方式では、各圧電素子に対する遅延時間を圧電素子群の中心に対して左右対称になるように設定しているため、常にインク滴は液面に対して垂直方向にまっすぐ飛翔する。また、同時に駆動する圧電素子群の素子数を一定にすれば、圧電素子群の組み合わせを切り替えるだけで走査が可能であるため、駆動回路は複雑な遅延時間を制御する必要がなく、1つの群の圧電素子の遅延時間パターンを制御するだけでよい。さらに、このリニア電子走査方式における遅延時間の設定方法として、通常の電子フォーカス方式で用いられる二次関数的な遅延時間の設定ではなく、フレネル回折理論に基づいて圧電素子アレイをさらに2つのグループに分け、互いに位相が半波長異なるように遅延時間を設定するという、より簡便な方法も提案されている。しかし、このようなリニア電子走査方式では、インク滴の飛翔位置が圧電素子の配置ピッチに依存し、そのピッチ以下にはインク滴を飛翔できず、より一層の解像度の向上が困難である。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明の課題は、リニア電子走査方式の利点を有しながら、圧電素子の配列ピッチ以下の間隔でインク液を飛翔させることができ、より一層の解像度の向上を図ることができるインクジェット記録装置を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明は、インク液を保持するインク保持室と、前記インク液と音響的に接続され、所定間隔で配列された複数の圧電素子によって構成される圧電素子アレイを含む超音波発生手段と、前記圧電素子アレイを構成する圧電素子の中から選択された複数の圧電素子からなる第1の圧電素子群を該第1の圧電素子群から発生された超音波が前記インク液の液面上の所定の位置に集束するように同時に駆動する第1の駆動手段と、前記圧電素子アレイを構成する圧電素子の中から選択された複数の圧電素子からなる第2の圧電素子群について該第2の圧電素子群から発生された超音波ビームが前記インク液の液面上の前記所定の位置に集束するようにして、該第2の圧電素子群を前記所定の位置を基準に圧電素子アレイの配列方向に二分した領域にそれぞれ対応する第1および第2の圧電素子亜群からそれぞれ放射される超音波ビームの前記所定位置でのエネルギー量が異なるように、該第2の圧電素子群を同時に駆動する第2の駆動手段を備えたことを特徴とするインクジェット記録装置を提供する。

【0009】本発明者らは、超音波ビームの放射圧によりインク液面からインク滴を吐出させて被記録体上に飛翔させて画像を記録するインクジェット記録装置において、従来の方式では達成できなかった記録スピードの高速化や高解像度化を図るために、複数の圧電素子を所定の間隔で配置して圧電素子アレイを構成し、その一部の圧電素子群に所定の位相差を与えて駆動してインク液面近傍に超音波ビームを集束させてインク滴を飛翔させ、前記一部の圧電素子群の組み合わせ位置を移動させるようにしたリニア電子走査方式に基づくインクジェット記録装置を提案してきた。しかし、上にも述べたように、このようなリニア電子走査方式では、インク滴の飛翔位置が圧電素子の配列ピッチに依存してしまい、そのピッチ以下にはインク滴を飛翔できず、より一層の解像度の向上が図れなかった。

【0010】本発明者らは、上記リニア電子走査方式に基づくインクジェット記録装置において、圧電素子アレイをグループ化して各グループの圧電素子(第1の圧電素子群)を同時にリニア駆動する上記駆動手段に加えて、圧電素子アレイを構成する圧電素子から選択された複数の圧電素子を第1の圧電素子により放射される超音波ビームの焦点位置を基準にしてこれを圧電素子アレイの配列方向に二分して2つの圧電素子亜群とし、それぞれの圧電素子亜群から放射される超音波ビームが上記焦点位置においてエネルギー量が異なるように第2の圧電

素子群を同時駆動する第2の駆動手段を設けることによって、圧電素子の配列ピッチとは無関係に飛翔位置を様々に変化させることが可能となり、非常に解像度の高い画像記録が可能となることを見出し、本発明を完成するに至った。

【0011】より具体的に説明すると、本発明において、例えば n 個を超える個数の圧電素子から圧電素子アレイが構成されているとすると、まず1番目から n 番目までの合計 n 個の圧電素子を第1の圧電素子群として第1の駆動手段によりこれら n 個の圧電素子を同時に駆動する。その際、第1の圧電素子群の配列方向における中心から垂直方向の軸（以下、圧電素子群の中心軸という）がインク液面と交わる点に n 個の圧電素子から放射される超音波ビームが集束するように駆動する。この場合、インク滴は、圧電素子群の中心軸、すなわち圧電素子アレイを含む平面に対して垂直に飛翔する（以下、このような第1の駆動手段による駆動を垂直飛翔駆動モードということがある）。次に、第1の圧電素子群の構成圧電素子を例えば圧電素子1個ずらして、2番目から $(n+1)$ 番目の圧電素子からなる n 個の新たな第1の圧電素子群に対して垂直飛翔駆動モードでこの新たな第1の圧電素子群を同時駆動する。この垂直飛翔駆動モードを順次繰り返し行うことにより、圧電素子アレイの配列方向に沿って圧電素子の配列ピッチに相当する間隔をもってインク滴を順次垂直方向に飛翔させることができる。これにより、記録ドットを主走査方向にライン状に形成することができる。

【0012】第2の駆動手段による駆動では、1番目から n 番目までの圧電素子からなる圧電素子群（第2の圧電素子群）を圧電素子群の中心軸により二分する。すなわち、第2の圧電素子群を1番目から $(n/2)$ 番目までの圧電素子からなる第1の圧電素子亜群と $(n/2+1)$ 番目から n 番目までの圧電素子からなる第2の圧電素子亜群とに区分する。そして第2の圧電素子群に属する全ての圧電素子を上記第1の駆動手段による垂直飛翔駆動モードにおける超音波ビームの集束点に相当する点に集束させるように同時に駆動するのであるが、このとき、第1の圧電素子亜群からの超音波ビームの総エネルギー量（ E_1 ）と第2の圧電素子亜群からの超音波ビームの総エネルギー量（ E_2 ）とが異なるように設定する。すると、インク滴は、第2の圧電素子群からの超音波ビームの集束点から、垂直方向からずれた方向に飛翔する（以下、このような第2の駆動手段による駆動を偏向飛翔駆動モードということがある）。すなわち、この第2の駆動手段によれば、圧電素子アレイの配列ピッチとは無関係にインク滴を飛翔させることができ、垂直飛翔駆動モードにより形成された記録ドット間に記録ドットを形成することにより、解像度のより一層の向上が図れる。

【0013】第2の駆動手段による偏向飛翔駆動モード

は、第1の駆動手段による垂直飛翔駆動モードにより形成された記録ドットの任意のドットに対して行えばよい。例えば、第2の圧電素子群の構成圧電素子を例えば圧電素子1個ずらして、2番目から $(n+1)$ 番目の圧電素子からなる n 個の新たな第2の圧電素子群に対して偏向飛翔駆動モードでこの新たな第2の圧電素子群を同時駆動することができる（この場合新たな第1の圧電素子亜群は、2番目から $((n+2)/2)$ 番目までの圧電素子により構成され、第2の圧電素子亜群は、 $((n+2)/2+1)$ 番目から $(n+1)$ 番目までの圧電素子により構成される）。

【0014】

【発明の実施の形態】本発明において、第1の駆動手段は、第1の駆動手段が、均一な駆動電圧および均一な印加時間で、かつ互いに逆位相の2相駆動信号により第1の圧電素子群を駆動する駆動手段により構成することができる。また、本発明においては、第2の駆動手段は、

（1）上記第1の圧電素子亜群または第2の圧電素子亜群に属する圧電素子の一部の圧電素子を非駆動状態となるように前記第2の圧電素子群を駆動する駆動手段、

（2）駆動電圧および印加時間の少なくとも一方が前記第1の圧電素子亜群と第2の圧電素子亜群との間で異なるように前記第2の圧電素子群を駆動する駆動手段、または（3）前記第1の圧電素子亜群または第2の圧電素子亜群に属する圧電素子の一部の圧電素子を前記第1の駆動手段により印加された駆動信号とは逆位相の駆動信号により駆動する駆動手段によって構成することができる。

【0015】以下、本発明の実施の形態を図面を参照しながらより具体的に説明する。

<第1の実施の態様>図1は、本発明の第1の実施の形態に係るインクジェット記録装置のヘッド部の構成を示す斜視図である。図1に示す記録ヘッド10は、ガラス板等の基板11の下面に圧電素子アレイ12を有する。圧電素子アレイ12は、長尺の様な厚さの板状の圧電体層13と、その両面にそれぞれ形成された共通電極14および複数のストライプ状個別電極15（1）ないし15（ n ）とにより構成される。

【0016】共通電極14は、圧電体層13の上面にその全面に渡って形成されている。他方、ストライプ状個別電極15（1）ないし15（ n ）（以下、個別電極15（1）～15（ n ）を総称して、単に、個別電極15ということがある）は、それぞれ、圧電体層13の幅と同等の長さを有し、一定のピッチで圧電体層13の長手方向に配置されている。共通電極14と対向する各個別電極15とにより、圧電体層13は機能的に複数の圧電素子に区分され、一次元的に配列された圧電素子アレイ12を構成する。

【0017】圧電体層13は、放射する超音波の周波数や素子の大きさ等に依存して、ジルコン・チタン酸鉛

(PZT)等のセラミック圧電材料や、フッ化ビニリデンと三フッ化エチレンとの共重合体等の高分子圧電材料、ニオブ酸リチウム等の単結晶圧電材料、酸化亜鉛等の圧電性半導体等の各種圧電材料で形成することができる。また、共通電極14および個別電極15は、チタン、ニッケル、アルミニウム、銅、金等を蒸着やスパッタにより薄膜として形成することができるし、めっき法によっても形成することができる。あるいは、これら電極14、15は、ガラスフリットを混合した銀ペーストをスクリーン印刷により塗布して焼結する焼き付け法により形成することもできる。各圧電素子は、両電極14、15を介して圧電体層13に電圧を印加して圧電体層13を共振させることによって超音波を発生する。

【0018】圧電体層13に対応する基板11の上面領域には、音響レンズ16が形成されている。音響レンズ16は、例えばガラス板等の基板の上記上面領域を凹面に形成することによって形成することができ、その場合、凹面音響レンズとして機能する。

【0019】また、基板11の上面には、板状体17が設けられている。この板状体17内には、凹面音響レンズ16の凹面を底部とするインク保持室18の側壁面を構成するように断面が逆V字状の溝が圧電体の長手方向に沿って形成されている。インク保持室18の側壁面を形成する逆V字状溝の両側面19a、19bは上方に向かって合わさるように傾斜し、その頂部は、スリット状に開放し、スリット状開口20を形成している。インク保持室18内には、所定のインク液21が収容されている。

【0020】さて、ガラス基板11の下面には、圧電素子アレイ12と対向する位置に、IC化された駆動回路(以下、駆動ICという)22が設けられている。この駆動IC22はガラス基板11の下面に形成された配線パターン(図示せず)を介して共通電極14と各個別電極15とに接続されている。駆動IC22は、以後詳細に説明するように、記録すべき画像データに応じて圧電素子アレイ12をそのアレイ方向(圧電素子の配列方向、本発明において主走査方向に相当)に相隣る選択された複数の圧電素子からなる圧電素子群を1グループ(第1の圧電素子群)としてグループ単位毎に順次駆動することにより、リニア電子走査を行うものである。

【0021】具体的には、選択した圧電素子群に対して所定の遅延時間差(位相差)を持たせた高周波の駆動信号を供給し、当該第1の圧電素子群を同時に駆動することによって、圧電素子アレイ12から放射される超音波ビームをアレイ方向、すなわち主走査方向に集束させる。そして、このように同時に駆動される圧電素子群の位置を圧電素子1個分ずつずらして同時駆動を繰り返すことにより、集束させる超音波ビームの放射方向を主走査方向にリニアに移動させる。

【0022】こうして圧電素子アレイ12から放射さ

れ、主走査方向に集束された超音波ビームは、さらに、音響レンズ16により主走査方向と直交する方向(副走査方向)にも集束され、最終的にインク液21の液面の所定の位置に集束する。こうして、インク液面に集束された超音波ビームにより発生した圧力(放射圧)によって、インク液面に円錐状のメニスカスが成長し、やがてメニスカスの先端からインク滴が吐出する。吐出したインク滴は、図示しない被記録体上に飛翔して付着し、乾燥して定着されることにより、画像記録が行われる。この駆動モードでは、インク滴は、第1の圧電素子群の中心軸方向にインク滴が飛翔する(垂直飛翔駆動モード)。

【0023】なお、上記のごとく飛翔するインク滴の大きさは、超音波の周波数によって決定され得る。圧電素子アレイ12は圧電体層13の厚さ方向の共振を利用して超音波を放射するため、圧電体層13の厚さでより超音波周波数が決まる。その厚さは周波数に反比例するので、高周波ほど圧電体層13の厚さは薄くなる。すなわち、解像度の高いインクジェット記録装置ほど、より高い周波数の超音波を得ることが必要であり、圧電体層13の種類と形成法もそれに応じて選択される。

【0024】次に、図1に示す第1の実施の形態における圧電素子アレイ12の駆動手段・方法を図2、図3および図4をも参照してより具体的に説明する。なお、理解を容易にするため、図2～図4においては音響レンズ16は省略されている。

【0025】図2に示されているように、圧電素子アレイ12を構成する圧電素子T(1)～T(n+1)は、所定のピッチdで主走査方向に配置され、各圧電素子は、それぞれの遅延回路32に接続され、また遅延回路32はそれぞれが駆動信号電源31に接続されている。いうまでもなく、駆動信号源31および遅延回路32は、図1に示す記録装置における駆動回路22の構成要素である。駆動信号源31は高周波の駆動信号を発生し、遅延回路32は図示しない制御回路により設定された遅延時間で遅延された駆動信号を圧電素子アレイ12の所定の圧電素子に供給する。

【0026】まず、図2を参照して第1の駆動手段による垂直飛翔駆動モードを説明する。圧電素子アレイ12を構成する圧電素子のうちn個の圧電素子T(1)～T(n)を第1の圧電素子群とする。この第1の圧電素子群の各圧電素子へ供給する駆動信号のエネルギー量は均等である。具体的には、各圧電素子への駆動信号は、同一の駆動電圧、同一の印加時間で駆動信号源31から印加される。ここで、1番目からn番目までの圧電素子T(1)～T(n)から放射される超音波の位相が、第1の圧電素子群の中心軸上のインク21の液面におけるA点で一致するように遅延回路32において遅延時間を設定して駆動することにより、このA点からインク滴が垂直に飛翔する。

【0027】について、圧電素子T(1)～T(n)から圧電素子1個分位置をずらせたn個からなる新たな第1の圧電素子群の各圧電素子T(2)～T(n+1)に対して同様に遅延時間を設定して駆動すれば、A点から圧電素子の配列ピッチd分だけずれたC点よりインクが垂直に飛翔する。

【0028】図3には、第1の駆動手段により駆動された第1の圧電素子群から放射された各超音波ビーム(図中、破線で示す)がインク液21の液面21a上で集束する様子が示されている。すなわち、各圧電素子T

(1)～T(n)から放射された超音波はインク液面21aの点Pで集束し、所定の方向(インク液面21aに対して垂直な方向)P0にインク滴が飛翔する。ここでは、第1の圧電素子群の中心軸(nが偶数の場合、圧電素子T(n/2)とその隣の圧電素子(T(n/2+1)との間を通る)がP0となる。

【0029】次に第2の駆動手段による偏向飛翔駆動モードを説明する。この駆動モードでは、上述のように、圧電素子群の中心軸により二分された第1の圧電素子亜群(圧電素子T(1)～T(n/2)から構成される)と第2の圧電素子亜群(圧電素子(T(n/2+1)～T(n)から構成される)とからそれぞれ放射される超音波ビームの集束点での総エネルギー量が異なるように第1および第2の圧電素子亜群からなる第2の圧電素子群を同時に駆動するのであるが、そのために、第1の圧電素子亜群または第2の圧電素子亜群に属する圧電素子の一部の圧電素子を非駆動状態となるように前記第2の圧電素子群を駆動する。

【0030】より具体的には、図4に示すように、第1の圧電素子亜群に属する圧電素子T(1)～T(n/2)のうち、例えば圧電素子T(2)のみを非駆動状態にする。

【0031】このように第2の圧電素子群を、集束点Pを基準に二分された領域にある圧電素子からそれぞれ放射され集束された液面の超音波エネルギー量に差ができるよう駆動した時ときのインクの飛翔位置は、前記P0とは異なる方向Pxとなる。すなわち図2に関して説明した第1の駆動モードによるインク滴とは異なった位置にインク滴を飛翔させることができる。また、第1の圧電素子亜群から照射された超音波ビームの総エネルギー量(E1)と第2の圧電素子亜群から照射された超音波ビームの総エネルギー量(E2)との差を変化させて駆動することにより、インク滴の飛翔位置を変化させることも可能である。このように、第2の駆動手段による駆動では、インク滴は液面に対して垂直方向から偏向した方向に飛翔する。

【0032】次に、より具体的な一例を示して詳しく説明する。圧電素子アレイ12に関する仕様としては、駆動周波数が100MHz、焦点距離(インク液の深さ)を3mm、圧電素子の配列ピッチdを50μm、同時に

駆動する第1の圧電素子群の圧電素子数を36個とした。この場合、インク液中での音速は、水中の音速とほぼ同じく、1.5km/secであるから、インク液中での超音波の波長は15μmとなる。圧電素子アレイ12に印加する駆動信号波形は図5に示したように100MHzの矩形波バーストで、波数は500(5μs)、電圧は30V_{0-P}とした。

【0033】図3に関して説明した第1の駆動モードにおいて各圧電素子から放射される超音波の位相(遅延時間)を設定する方法としては、フレネル回折理論に基づいて2種類に分ける方法を用いた。具体的には下記式

(1)または式(2)を用いてフレネルゾーンリングの半径を求める。

【0034】

【数1】

$$r(i) = \sqrt{\frac{(2i-1)\lambda w}{2} \left[F + \frac{(2i-1)\lambda w}{8} \right]}$$

(i:自然数)

【0035】

【数2】

$$r(i) = \sqrt{i\lambda w F}$$

(i:自然数)

【0036】ここで、r(1)はフレネルゾーンリングの半径、λwはインク中の超音波波長、Fは焦点距離(インク液の深さ)である。下記表1に、式(1)より求めた各フレネルゾーンリングの半径r(1)(0～19)を示す。ただしi=0のとき、r(0)=0である。

【0037】次に、圧電素子群の中心位置に対する各圧電素子の中心点間の距離(圧電素子アレイの配列ピッチ)をdとしたときに、r(2n)<d<F(2n+1)の範囲に存在する圧電素子が、r(2n+1)<d<r(2n+3)の範囲に存在する圧電素子に対して位相が半波長ずれるように遅延時間をそれぞれ設定する。

【0038】このようにフレネル回折理論に基づいて決定した第1の圧電素子群の遅延時間τ(n)(n=1～36)を下記表2に示す。この36個の圧電素子からなる第1の圧電素子群を同時駆動すれば、18番目の圧電素子と19番目の圧電素子の中間点上のインク液面21aの点Pで、P0方向にインク滴が飛翔する。これは、図2のA点にあたる。そして、n個の圧電素子群の位置を圧電素子1個分ずつずらせて同様の遅延時間パターンで駆動すれば、インク滴を圧電素子の配列ピッチdと同じ間隔でライン状に飛翔させることができる。圧電素子1個分ずらして第1の駆動手段により駆動すると、図2のC点に相当する点に超音波ビームが集束する。

【0039】

【表1】

r (0)	0 mm
r (1)	0. 150mm
r (2)	0. 260mm
r (3)	0. 336mm
r (4)	0. 398mm
r (5)	0. 451mm
r (6)	0. 499mm
r (7)	0. 543mm
r (8)	0. 584mm
r (9)	0. 622mm
r (10)	0. 658mm
r (11)	0. 692mm
r (12)	0. 725mm
r (13)	0. 756mm
r (14)	0. 786mm
r (15)	0. 815mm
r (16)	0. 843mm
r (17)	0. 871mm
r (18)	0. 897mm
r (19)	0. 923mm

【0040】

【表2】

第1の圧電素子群 インク飛翔位置：A点	
τ (1)	5 nsec
τ (2)	5 nsec
τ (3)	5 nsec
τ (4)	0 sec
τ (5)	0 sec
τ (6)	5 nsec
τ (7)	5 nsec
τ (8)	0 sec
τ (9)	5 nsec
τ (10)	0 sec
τ (11)	5 nsec
τ (12)	0 sec
τ (13)	0 sec
τ (14)	5 nsec
τ (15)	5 nsec
τ (16)	0 sec
τ (17)	0 sec
τ (18)	0 sec
τ (19)	0 sec
τ (20)	0 sec
τ (21)	0 sec
τ (22)	5 sec
τ (23)	5 nsec
τ (24)	0 sec
τ (25)	0 sec
τ (26)	5 nsec
τ (27)	0 sec
τ (28)	5 nsec
τ (29)	0 sec
τ (30)	5 nsec
τ (31)	5 nsec
τ (32)	0 nsec
τ (33)	0 sec
τ (34)	5 nsec
τ (35)	5 nsec
τ (36)	5 nsec

【0041】一方、図4に示した第2の駆動手段による偏向飛翔駆動モードは、は、上記第1の駆動手段による垂直飛翔駆動モードを基本にしており、フレネルゾーンリングの半径の計算から求められる各圧電素子に与える遅延時間の設定は同じと考えてよい。

【0042】第2の駆動モードでは、n個の圧電素子からなる第2の圧電素子群の圧電素子のうち、前記点Pを基準に左右に二分された領域にある圧電素子からそれぞれ放射される超音波ビームの集束点でのエネルギー量が異なるように、例えば圧電素子T(2)を、駆動回路22によって非駆動状態にする。この場合、圧電素子T(2)の個別電極13は所定の直流電位、あるいは共通電極12と同電位、例えば接地電位、好ましくは駆動回路22とは電気的に開放された状態に設定されている。かくして、第1の圧電素子亜群に属する圧電素子T(1)～T(n/2)から放射された超音波エネルギー(E1)と、第2の圧電素子亜群に属する圧電素子T(n/2+1)～T(n)から放射された超音波エネルギー(E2)は、E1<E2となる。

【0043】このようにn個の圧電素子からなる第2の

圧電素子群の圧電素子のうち、前記点Pを基準に二分された領域にある圧電素子からそれぞれ放射される超音波ビームの集束点でのエネルギー量が異なるように、圧電素子T(2)を、駆動回路22によって非駆動状態になるよう駆動したときのインクの飛翔位置は、第1の駆動手段での飛翔方向P0とは異なる少しずれた位置となる。本例の場合では図4の紙面左方向Pxへずれる。すなわち図2に示した第1の駆動手段によるインク滴とは異なった位置に、インク滴を飛翔させることができる。

【0044】さらに、第1の駆動手段による駆動により形成された記録ドットに対して、第2の駆動手段を用いてその僅かにずれた周辺位置に記録ドットを形成することにより、擬似的に記録ドットのサイズを変化させて記録画像の階調制御を図ることが可能である、また、集束点Pを基準に二分された領域にある圧電素子からそれぞれ放射される超音波ビームの集束点でのエネルギー量の差を徐々に変化させて駆動することにより、インク滴の飛翔位置を徐々に変化させることもできる。具体的には、例えば第2の圧電素子亜群に属する圧電素子は必ず駆動するようにし、第1の圧電素子亜群の圧電素子を2進法のように駆動が停止される圧電素子の数および位置を変えることにより、徐々にインク滴の飛翔位置を変化させることができる。

【0045】また、第1の圧電素子亜群と第2の圧電素子亜群とに対し第2の駆動手段により上記例とは逆に駆動させても同様の効果が得られるが、飛翔方向が集束点Pに対して上記例とは逆になる。

【0046】なお、集束点Pに近い位置にある圧電素子を、非駆動状態にする場合、飛翔位置での偏向量は大きくなる。しかし、飛翔が不安定になったりインク滴の大きさがばらついてくるため、第2の駆動手段における集束点Pに一番近い位置にある圧電素子は第2の駆動手段においても常に駆動されていることが好ましい。

【0047】以上のように、本発明によれば圧電素子の配列ピッチ以下の高解像度で記録することが可能であり、また記録画像の階調制御を行うことも可能である。＜第2の実施の形態＞次に、本発明の第2の実施の形態を説明する。

【0048】本実施の形態におけるインクジェットヘッド部の基本構成は図1と同様であり、また、第1の駆動手段による垂直飛翔駆動モードも第1の実施の形態の場合と同じである。

【0049】この第2の実施の形態における第2の駆動手段は、n個の圧電素子からなる圧電素子群の圧電素子のうち、第1の駆動手段により集束された点Pを基準に二分された第1の圧電素子亜群と第2の圧電素子亜群からそれぞれ放射される超音波ビームの集束点での総エネルギー量が異なるように、駆動電圧および印加時間の少なくとも一方が第1の圧電素子亜群と第2の圧電素子亜群との間で異なるように駆動回路22(図1)で駆動す

る。

【0050】例えば、図6に示すように点Pを基準にして二分された第1の圧電素子亜群T(1)～T(n/2)に印加する駆動信号の電圧を50V、第2の圧電素子亜群T(n/2+1)～T(n)に印加する駆動信号の電圧を30Vとなるよう2種類の駆動信号を印加して駆動する。ここで、それぞれの駆動信号のうち電圧、位相は第1の駆動手段と同じである。

【0051】このように、第1の圧電素子亜群と第2の圧電素子亜群に印加する駆動信号の電圧を変えることにより、第1の実施の形態の場合と同様、インクの飛翔位置は、第1の駆動手段による飛翔方向P0とは異なる少しずれた位置となる。本例では右方向Pxへずれる。すなわち図2に示した第1の駆動手段によるインク滴とは異なった位置に、インク滴を飛翔させることができる。さらに、第1の実施の形態の場合と同様、第1の駆動手段による記録ドットに対して、第2の駆動手段を用いてその僅かにずれた周辺位置に記録ドットを形成することにより、擬似的に記録ドットのサイズを変化させて記録画像の階調制御を図ることが可能である。

【0052】また、例えば点Pを基準に二分された圧電素子亜群の内、第2の圧電素子亜群を例えば30Vに固定し、第1の圧電素子亜群へ印加する駆動信号の電圧をリニアに変化させて駆動することにより、第1の実施の形態の場合と同様に、総エネルギー量E1とE2の差をリニアに変化させることができ、もってインク滴の飛翔位置を変化させることができる。また、第1の圧電素子亜群と第2の圧電素子亜群に対する印加電圧を上記例と逆にして駆動しても同様の効果が得られるが、飛翔位置の偏向方向がP0に対してPxとは反対方向となる。

【0053】また、nを奇数とした場合には、圧電素子T(n+1/2)に印加する駆動信号は、所望のインク滴の飛翔位置の設定で、点Pに対して第1の圧電素子亜群に対する信号を印加するか、第2の圧電素子亜群に対する信号を印加するのかが決まる。

【0054】なお、上記例では、駆動信号の電圧で、点Pに対して左右の圧電素子で差を設けて駆動したが、第1の圧電素子亜群および第2の圧電素子亜群に対する駆動信号の印加時間(パースト波の波数)に差を設けて駆動してもよい。例えば第1の圧電素子亜群T(1)～T(n/2)に印加する駆動信号の印加時間を10μsec、第2の圧電素子亜群T(n/2+1)～T(n)に印加する駆動信号の印加時間を5μsecとして駆動する。

【0055】以上のように、本発明の第2の実施の形態によっても、圧電素子の配列ピッチ以下の高解像度で記録することが可能であり、また記録画像の階調制御を行うこともできる。

【0056】＜第3の実施の形態＞次に、本発明の第3の実施の形態を説明する。第3の実施の形態におけるイ

ンクジェットヘッド部の基本構成は図1と同様であり、また、第1の駆動手段による垂直飛翔駆動モードも第1の実施の形態の場合と同じである。

【0057】第3の実施の形態における第2の駆動手段は、第1の圧電素子亜群または第2の圧電素子亜群に属する圧電素子の一部の圧電素子を第1の駆動手段により印加された駆動信号とは逆位相の駆動信号により駆動する。

【0058】より具体的には、図7に示すように n 個の圧電素子からなる第2の圧電素子群の圧電素子のうち、圧電素子群の所産位置の1個または複数個の圧電素子、例えば圧電素子 $T(3)$ を、駆動回路22(図1)によって、圧電素子 $T(3)$ からの超音波ビームがインク液21の液面21aの点 P に集束しないように、第1の駆動手段の位相とは逆位相の駆動信号により駆動する。本来図7中の P 点で集束させるためには、上記表2に示すように圧電素子 $T(3)$ には、 $5n\text{ sec}$ (ナノ秒)の遅延時間を持った駆動信号を印加する。しかし、本例では、例えば遅延時間 0 sec の駆動信号を圧電素子 T

(3)に印加する。したがって、圧電素子 $T(3)$ から放射された超音波は、インク液面21aの点 P に集束せず、むしろ他の圧電素子から放射されインク液面21aの点 P に集束した超音波のエネルギーを弱める方向に働く。つまり、この場合、点 P を基準に二分された第1の圧電素子亜群 $T(1) \sim T(n/2)$ から放射された超音波エネルギー($E1$)と、第2の圧電素子亜群 $T(n/2+1) \sim T(n)$ から放射された超音波エネルギー($E2$)とは、 $E1 < E2$ となる。

【0059】このように、第3の実施の形態においても、集束点 P を基準に左右で二分された第1および第2の圧電素子亜群からそれぞれ放射され集束される超音波ビームの集束点でのエネルギー量が異なる結果、第1および第2の実施の形態の場合と同様、インクの飛翔位置は、 $P0$ とは異なる方向となる。本例では図7の紙面左方向 Px へずれる。すなわち図2に示した第1の駆動モードによるインク滴とは異なった位置にインク滴を飛翔させることができる。

【0060】さらに、第1の駆動手段による記録ドットに対して、第2の駆動手段を用いてその僅かにずれた周辺位置に記録ドットを形成することにより、擬似的に記録ドットのサイズを変化させて記録画像の階調制御を図ることが可能である、また、集束点 P を基準に左右二分された領域にある圧電素子からそれぞれ放射される超音波ビームのエネルギー量の差を変化させて駆動することにより、インク滴の飛翔位置を変化させることが可能である。

【0061】また、集束点 P に近い位置にある圧電素子を、第2の駆動手段で駆動する場合、飛翔位置の変化量は大きくなる。しかし、飛翔が不安定になったりインク滴の大きさがばらついてくるため、第2の駆動手段にお

ける集束点 P に一番近い位置にある圧電素子は、第2の駆動手段においても正規の駆動信号で駆動されていることが好ましい。

【0062】以上のように、本発明の第3の実施の形態によっても、圧電素子の配列ピッチ以下の高解像度で記録することが可能であり、また記録画像の階調制御を行うこともできる。

【0063】以上、図1ないし図7を参照して本発明の実施の形態を説明したが、本発明は、これらの実施の形態に限定されるものではない。例えば、上記第1～第3の実施の形態において、図1に示すインクジェットヘッドを用いた例を示したが、これに限らず、音響レンズは図1に示す凹面レンズではなく、例えば図8に示すようなフレネルレンズ(フレネル輪帯理論に基づいた主走査方向に平行に形成された溝81a～81fから構成される)によって構成されていてもよく、また、図9に示すように、圧電素子自体が凹面レンズを構成ししていてもよい(この場合、圧電素子は、同様の凹面を有する支持体91に設けられている)。

【0064】

【発明の効果】以上述べたように本発明によれば、圧電素子の配列ピッチ以下の高解像度で記録することができ、また記録画像の階調制御を行うことも可能であるインクジェット記録装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るインクジェット記録装置の構成を示す斜視図。

【図2】本発明の第1の駆動手段によるインクジェット記録装置の駆動方法を説明するための概略図。

【図3】本発明の第1の駆動手段により駆動された圧電素子から放射される超音波ビームの集束を説明するための概略図。

【図4】本発明の第1の実施の形態における第2の駆動手段による駆動モードを説明するための概略図。

【図5】本発明に使用される駆動信号の波形を示す図。

【図6】本発明の第2の実施の形態における第2の駆動手段による駆動モードを説明するための概略図。

【図7】本発明の第1の実施の形態における第2の駆動手段による駆動モードを説明するための概略図。

【図8】本発明に係る他のインクジェット記録装置の構成を示す概略断面図。

【図9】本発明に係るさらに他のインクジェット記録装置の構成を示す概略断面図。

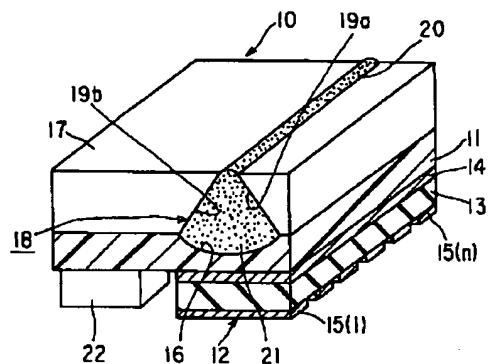
【符号の説明】

- 11…基板
- 12…圧電素子アレイ
- 13…圧電体層
- 14…共通電極
- 15(1)～15(n)…個別電極
- 16…音響レンズ

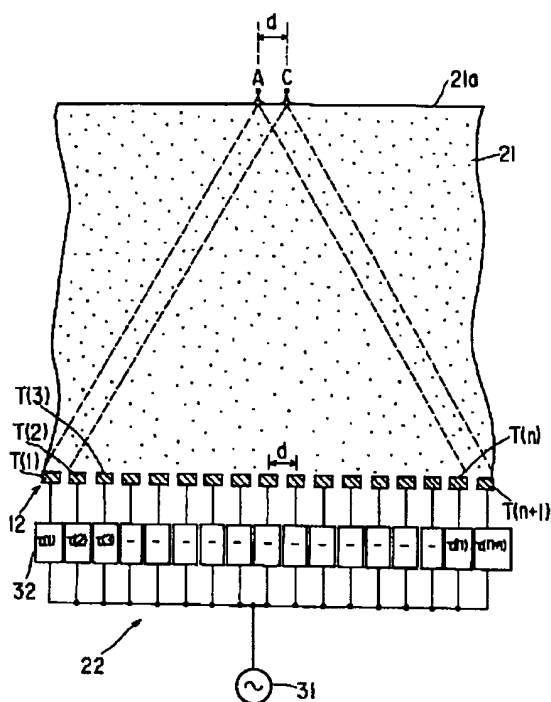
18…インク保持室
21…インク液
22…駆動回路

31…駆動信号源
32…遅延回路
 $T(1) \sim T(n+1)$ …圧電素子

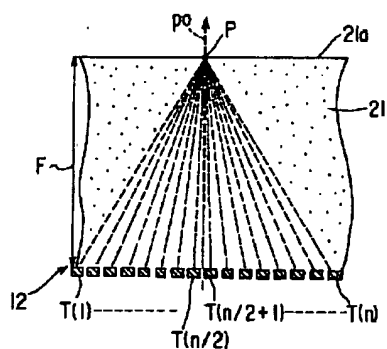
【図1】



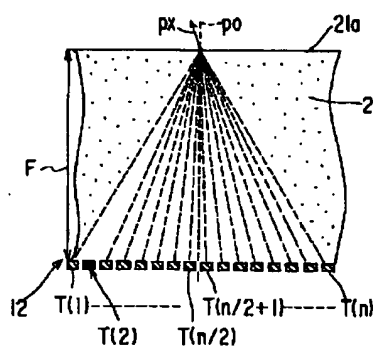
【図2】



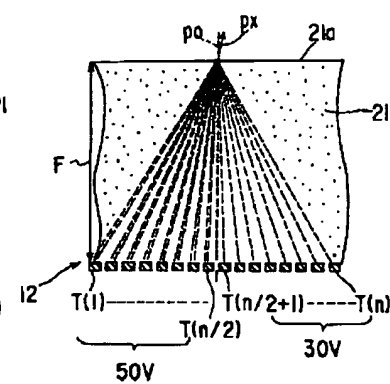
【図3】



【図4】



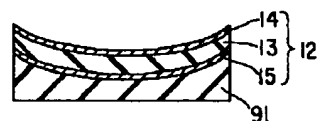
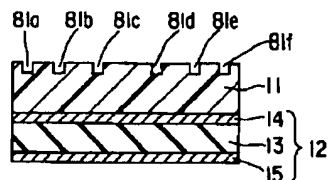
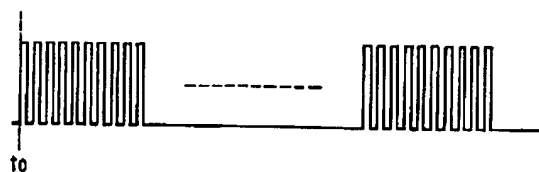
【図6】



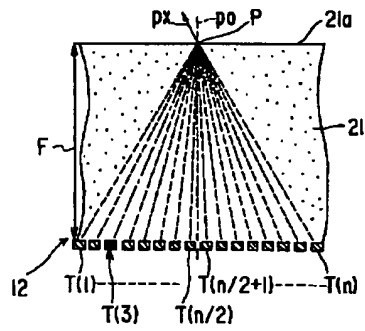
【図5】

【図8】

【図9】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 雨宮 功

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 八木 均

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 山本 紀子

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内